ÜBER DIE ANALOGIE VON LICHT UND WÄRME: DISS. INAUG

Ludwig Merz

digitized by Google

Diss. 2110(3)

Digitized by Google

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

ÜBER DIE

ANALOGIE

VON

LICHT UND WÄRME.

Dissertatio inauguralis

von

Ludwig Merz, Phil. Dr.

MÜNCHEN.

1842.

Digitized by Google

Diss. 2110 3.

Digitized by Google

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

ÜBER DIE

ANALOGIE

VON

LICHT UND WÄRME.

Dissertatio inauguralis

von

Ludwig Merz, Phil. Dr.

MÜNCHEN.

1842.

Digitized by Google

Druck der F. C. Kremer'schen Officin in Augsburg.

Digitized by Google

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

Was bereits in die Lehrbücher der Physik übergegangen ist, kann ich hier nur flüchtig erwähnen, und zwar erstens:

Dass sich zwischen photometrischer und pyrometrischer Betrachtung, wenn bei der Wärme nur von der strahlenden die Rede ist, kein Unterschied findet, dass unter anderm das Gesetz der Abnahme nach dem Quadrat der Entfernung für die Wärme von Leslie zwar geläugnet, von Melloni aber erprobt worden. Melloni fand sodann, dass Metallspiegel die verschiedenen Wärmearten, wie die Farben des Lichtes gleichmässig zurückwerfen, dann dass bei Gleichheit der Farbe ein Körper die Wärme um so stärker absorbirt, je weniger er sie leitet, das Licht aber, je weniger er durchsichtig ist, wenn man die Reflexion als einen Modus der Durchsichtigkeit betrachtet, ferner dass Verschluckungs- und Ausstrahlungsmenge für Wärme von höherer Temperatur in ihrer Gleichheit etwas auseinanderweichen. Der Wärmedurchgang schien bloss für Nichtkrystalle mit deren Berechnungsindex in Verhältniss zu stehen, und wurde nicht von jeder Quelle gleich befunden, sondern ähnlich dem von gefärbtem Licht. In Krystallen geht die Transmission mit der Brechbarkeit nicht mehr parallel; übrigens hat die Richtung des Schnittes auf selbe auch so wenig Einfluss wie die Durchsichtigkeit. Einmaliger Durchgang durch einen Körper macht die Strahlen zu fernerm Durchgang durch denselben Körper geschickter, so zwar, dass die Absorption zuletzt wie die Asymptote einer Hyperbel, die nach Lambert für Licht, nach Biot für Wärme

*

Digitized by Google

die gleichseitige ist, neben ihm hinläuft. Ferner ist Seebecks Beobachtung bekannt, dass das maximum der Temperatur sich mit der Beschaffenheit der Prismen ändert, d. h. einen andern Platz einnimmt, und von Melloni, dass es durch eine dazwischen gesetzte Wasserschicht gegen den Ort der brechbarern Strahlen zurückgeführt wird. Die mittlern Brechungsverhältnisse der Wärme bei Steinsalz liegen nach Forbes zwischen 1,51 und 1,55, die des Lichtes zwischen 1,54 und 1,57. *) Von der Polarisation der Wärmestrahlen war hauptsächlich Folgendes zu erwähnen: Melloni fand sie nach Beschaffenheit der angewendeten Turmaline verschieden, und die Veränderung des Polarisationszeigers, die Forbes für die verschiedenen Wärmearten beim Glimmer gefunden haben will, läugnet er. Forbes entdeckte auch mittels zweier gleichseitiger Steinsalzprismen statt des Fresnelschen Rhombus die Depolarisation der Wärme, und dass sich ihre Intensitäten wie bei Licht in den rechtwinkligen Lagen der auflösenden Platte compliren, woraus sich theoretisch für die Wärme erstens deren Doppelbrechung, und zweitens grössre Wellen, als die des Lichtes ihm ergaben. Biot und Melloni erhielten sowohl drehende, als von Reflexion entstandene Circular-Wärmepolarisation. Die letztere war um so stärker, je kleiner der Auffallswinkel war; jedoch hatte diese Neigung ein Maximum, das mit der Anzahl der Glimmerblättchen bis zum Polarisationswinkel des Lichtes stieg, nämlich bis $53\frac{1}{2}^0$. An die Erzählung der Wärmepolarisation schliesst sich die Bemerkung an, dass Neumann seine thermischen Axen, d. h. die des 3ten Coordinatensystems der Undulationen als strahlende Wärme betrachte, dann einige Beobachtungen Brewsters und Seebecks über die Polarisation schnell gekühlter Gläser, ferner Matteucis ungenügende Wärmeinterferenz-Versuche. In meiner

*) Die betreffenden Zahlen in Doves Repertorium Bd. 4. pag. 343 sind ganz gefehlt; z. B. ist der mittlere Brechungsindex für Licht auf 1,602 gesetzt, während alle andere Angaben sogar noch unter der von Forbes hier angeführten bleiben.

Digitized by Google

ersten Arbeit über denselben Gegenstand, mit welcher ich den vor drei Jahren von der philosophischen Facultät der Universität München ausgesetzten Preis zu erlangen suchte, brachte ich eine leider nur wenigen Beispielen genügende Formel zur Verbindung der spezifischen Wärme und des Lichtbrechungsvermögens, die Beschreibung eines sehr empfindlichen thermoskopischen Apparates, dann die Beobachtung, dass die Spiegel des Heliostats zu viel Wärme verschlucken, um ausser der direkten Strahlung Versuche für Auffindung des Wärmemaximums im Spectrum machen zu können, ferner meine Ansicht über die Entstehung von Licht und Wärme aus dem Kampf der materiellen Zustände, und einiges Polemische gegen die beiden herrschenden Lichttheorien, endlich einige von der Zukunft zu beantwortende Fragen nach Baden-Powell.

In der nachstehenden Abhandlung glaube ich meine Eintheilung nach folgenden Gründen wählen zu dürfen: Was nicht reflectirt wird, wird diffudirt, was nicht reflectirt und diffudirt wird, wird absorbirt, was dann noch übrigt, wird verschiedentlich durchgelassen.

Reflexion.

Huber in seiner Biographie Lambert's macht darauf aufmerksam, dass das Licht von polirten Flächen um so stärker zurückgeworfen wird, je kleiner der Winkel ist, den die Richtung der Strahlen mit der reflektirenden Ebene macht, und frägt, ob diess auch von der Wärme gelte. Nachstehende Tafel von Forbes über das Reflexionsverhältniss zwischen polirten und rauhen Flächen, und was noch eigens zu bemerken ist bezüglich der Wärmefärbung, gibt die bejahende Antwort.

	Locatelli m. Glas.	Locatelli.	Dunkelheiss. Messing.
50^0		100 : 54	100 : 55,4
20^0	100 : 26,5	100 : 58,3	100 : 43,5

Eine andere Frage desselben, ob auch bei der Wärme dieser Einfluss des Winkels mit der Ungleichartigkeit der angränzenden Mittel zunehme, dürfte

dadurch zum Theil bejaht seyn, dass ein Thermometer in Wasser schneller erkaltet, als in Luft, da die Luft doch kein so schneller Wärmeleiter ist, Wasser daher wohl wenig reflectirt. — Spricht man von der dämpfenden Wirkung einer rauhen Fläche, insofern man Reflexion und Zerstreuung der Wärme zusammenfasst, und ihrer Transmission entgegensetzt, so geht aus der nämlichen kurz vorher angegebenen Tafel hervor, dass sie mit der Brechbarkeit der Wärme abnimmt, was aber bei unvollkommener Politur noch von keinem Belang ist. Stark in phil. trans. 1833 hat nach Melloni und Bache (Philadelphia) Unrecht, wenn er den Farben verschiedene Wärmereflexion zuschreibt. Von der Sonnenwärme muss jedoch wenigstens gelten, dass sie wenigstens von dunklen Körpern minder zerstreut wird, wie später noch gesagt werden wird, und der Schnee schmilzt nur darum so langsam, weil er die Strahlen stark zerstreut und reflectirt. Uebrigens schmilzt auch Schnee um Bäume leichter, weil er die von diesen geleitete dunkle Wärme eher absorbirt, wie andere directe Versuche darthun. Das Sonnenlicht schmilzt den Schnee auf Bergen vielleicht nur darum weniger, weil es noch weniger durch die Atmosphäre gesiebt ist.

Diffusion der Oberfläche.

Unter den neuern Arbeiten Mellonis nehmen die Diffusionserscheinungen den meisten Platz ein, und er hat durch seine bekannte Genauigkeit in Sonderung der begleitenden Umstände selbe zu einer Klarheit gebracht, die viele alte Irrthümer besonders über die Reflexionserscheinungen berichtigen half, denn wodurch die Richtung der Wärmestrahlen wie die Lichtstrahlen ausser Absorption und Transmission noch modificirt wird, ist nicht die Zurückwerfung allein, sondern man hat, um den ganzen Vorgang gehörig aufzufassen, noch auf eine andere Erscheinung, die Zerstreuung, wohl zu merken. Diese unterscheidet sich vor allem von der Reflexion dadurch, dass sie die Strahlen nach allen Richtungen schickt. Man sieht

Digitized by Google

diess am auffallendsten, wenn man durch eine kleine Oeffnung im Zimmer Sonnenstrahlen auf die Wand fallen lässt, und in immer gleicher Entfernung von der Mitte des durch sie beschriebenen Raumes ein Thermometer an mehreren Punkten aufstellt; es wird immer gleichviel Grade zeigen. Die Diffusion unterscheidet sich ferner von der Reflexion, indem jene nur von rauhen Flächen, diese nur von polirten kommen kann. Sie richtet sich übrigens nach dem Helligkeitsgrad der zerstreuenden Körper, d. h. sie nimmt mit ihm zu, und steigt alsdann auch mit der Zunahme der Temperatur der Wärmequelle. Wenn nun bei Wärme die Diffusion mit ihrer Brechbarkeit zunimmt, so scheint diess bei Licht anders, doch wenn man das Intensitätsverhältniss erwägt, so wird man das Gleiche finden. Für den Kinnruss ist die Diffusion von allen Strahlengattungen nur ganz schwach, und diess ist eine wichtige Thatsache, ohne welche die Thermoscope, welche grösserer Empfindlichkeit wegen berusst werden, nur relative Ergebnisse liefern würden. Aber eine Holzscheibe, welche auf einer Seite berusst wird, gibt für die schwarze und weisse Fläche das Diffusionsverhältniss $^{10}/_{14}$ bei 400° heissem Messing, $^{10}/_{18}$ bei glühendem Platin, $^{10}/_{20}$ bei freier Locatelli, $^{10}/_{54}$ bei Glasgesichter Lampenwärme. Wenn sich nun Kinnruss gegen Licht und Wärme gleich verhält, so werden die weissen Körper zur Wärme, wie farbige zum Licht sich verhalten, rauhgemachte und Metalle bieten der Wärme ein Verhalten, wie weisse Körper zum Licht, das sie je nach ihrem Helligkeitsgrad mehr oder weniger als die farbigen zerstreuen, und zwar scheinen die edlen Metalle mehr diffudirend.

Diffusion im Innern der Körper.

Die Diffusion der Wärme, welche erst bei ihrem Durchgang durch die Körper erscheint, sollte eigentlich erst nach diesem abgehandelt werden, doch da die hauptsächlichsten Erscheinungen desselben schon länger bekannt sind, so will ich das Kapitel der Diffusion ohne Unterbrechung vollenden. — Wenn man zwischen zwei Schirmen von Blech, in welche ein

Digitized by Google

Loch gebohrt ist, eine mattgeschliffne Tafel dem thermoskopischen Körper immer mehr nähert, so wächst damit auch seine Anzeige; setzt man aber vor oder nach der mattgeschliffnen Glastafel eine polirte, so ändert sich die einmal erhaltene Wirkung in beiden Fällen nur ums Gleiche. Diess wäre nur bei freier Strahlung möglich, widerspricht also den Gesetzen der Transmission, bei welcher polirte Glasplatten ein bedeutendes Wärmequantum aufhalten, und kann daher nur von der Diffusion der Wärme im Innern der Körper herkommen. Der Versuch mit verschiedenen Stellungen des Thermoscops zeigt auch, dass die auf diese Weise zu ihm kommenden Strahlen divergiren, wie die des Lichtes, wenn man eine rauhgemachte Glasplatte zwischen Licht und Wand hin- und herführt. Eine mattgeriebne Steinsalzplatte hatte dieselbe Wirkung, eine neu berusste aber die gleiche wie polirtes Glas. Melloni entscheidet sich hier gegen Forbes, welcher beides einer mechanischen Wirkung aus der Anordnung der rauhen Theile zuschreibt. Ein Gleiches finde ja bei Licht auch statt, da eine rauhgeschliffne Glastafel die Lichtstrahlen gänzlich verwirre, während eine berusste einzelne, an freien Punkten noch ungeändert durchblitzen lasse. Für niedere Temperatur sind übrigens die Unterschiede der Wirkung nur gering, während für höhere der grösste Unterschied der Abstände einen Unterschied der Anzeige wie 1 : 4 gibt, ähnlich dem Diffusionsunterschied schwarzer und heller Körper. Obgleich Forbes auch nach der mikroskopischen Betrachtung des Russes, welche ihm diesen nicht in einzelne Kohlenpartikeln zerlegen konnte, für Melloni sich entscheiden musste, der die Diffusion aus der innern Körperbeschaffenheit herleitet, so wollte er doch vermöge seiner Versuche nicht von der Meinung lassen, dass nur die Oberflächentextur und zwar auf die Absorption wirke. Der Versuch mit rauhen und polirten Steinsalzplatten zeigte ihm, dass sich bei der rauhgemachten die spezifische Wirkung erhöhe, nämlich verhältnissmässig mehr niedre Wärme durchgelassen werde. Wie nun dieser Versuch gleichmässig von Diffusion und Transmission abzuhängen scheint, so zwar dass eine genaue

Digitized by Google

Scheidung schwer hält, so mag es mit den folgenden derserbe Fall seyn. Forbes untersuchte nämlich auch den Durchgang der Wärme durch feine Drathgitter, und fand, dass sich die auffallende Wärme zur aufgefangenen verhalte, wie der Inhalt der Fläche des Gitters zum Areal der Dräthe. Bekanntlich hat man bei Licht ein multiplum dieses Verhältnisses. Es ist diess, wie ich glaube, auch nicht anders gut denkbar, da die Wärme mit geringerer Kraft aufstosst als das Licht, wie ihre beiderseitigen Geschwindigkeiten, nach Wredes neuester Entdeckung im Verhältniss 4:5, andeuten; aber noch dürfte die Frage gestellt werden, welchen Erfolg eine länger andauernde Strahlung zeigen wird, wenn man alsdann den Einfluss der Leitung eliminirt. Forbes fand auch durch Versuche, die mir indess nicht sicher genug, weil nicht gründlich und beharrlich geführt, erscheinen, dass Kalkpulver zwischen zwei Plangläsern mehr Wärme aus niederer Temperatur durchliess, Alaunpulver aber von jeder Wärmeart ganz wenig, ferner Gold-, Silber- und Zinnpulver mehr von hoher Temperatur. In seiner diessmal sehr schwankenden Sprache gesteht er halb ein, dass genau genommen doch alle Pulver ohne Diathermansie wirken möchten. Die geringen Anzeigen dieser Wärmefärbung können bei der geringen Dicke der Durchgangsschichten nur von der Zerstreuung entstehen, die aber nach ihm nur partielle Reflexion ist. Diese hält bei Glasgittern aus Glasfäden kreuzweis gesponnen über 50% von jeder Wärme auf, was einfaches Glas noch nicht kann. Er erklärt die verschiedene Wirkung gefurchter Flächen und opaker Netze damit, weil eine Zahl gleich dünner Plättchen von Licht eine gewisse Farbe durchlässt und die complementäre zurückwirft, während bei ungleicher Dicke der Plättchen die Farbe entweder durchgelassen wird, oder interferirt, rauhe Oberflächen scheinen ihm aber aus ungleich dicken Plättchen zu bestehen. Von beiderlei Arten der Diffusion steht nun hauptsächlich fest, dass sie um so grösser ist, je dichter die Furchen, und je weisser die Platten sind, das Wie der Diffusion bedarf aber noch mancher Aufhellung, wozu die weitere Untersuchung der Trans-

Digitized by Google

mission von Flüssigkeiten, die mit festen Theilen gemengt sind, viel beitragen würde.

Absorption der Wärme.

Von den Absorptionserscheinungen muss ich einige auf die der Transmission versparen, die dort deutlicher sichtlich sind. Vor allem muss man bei jenen streng auf den Unterschied der Strahlung und Leitung sehen, denn die Absorption vermag durch diese noch auf die Hinterfläche einer Platte zu wirken, wie Melloni mit einer Formel erläutert. Diese Formel zeigt auch deutlich, dass die Erwärmungen die unter zweierlei Bedingungen stattfinden, sich um so mehr der Gleichheit nähern, als der Widerstand, den die Platte der Wärmeleitung entgegensetzt, abnimmt, nämlich je dünner sie ist. Bei einer dünnen Kienruss-Schicdte ist sie somit unwahrnehmbar, was ebenfalls zum Vortheil der berussten Thermoscope der Versuch bestätigt. — Da die Emission nur die Absorption der innern Wärme durch die Hülle und deren Transmission ausspricht, und wie man schon weiss, mit ihr gleichen Schritt in den Bedingungen hält, so will ich gleich hier das Nöthige beibringen. Rumford fand, dass ein erhitztes Metallgefäss, welches einmal mit Hausenblase bestrichen worden war, weniger schnell erkalte, als wenn er mehrere Schichten aufgetragen hatte, und glaubte daher, dass die Ausstrahlung auch von Punkten unter der Oberfläche komme. ch konnte mich schon das erstemal, als ich diesen Ausspruch las, nicht damit begnügen, sondern dachte mir noch einen andern Grund in der grössern Verbreitung und schnellern Leitung, die im Firniss bedeutender ist, als in der Luft. Dabei glaube ich auch, dass ein einmaliger, ebenso dicker Anstrich, als ihn mehrfache Auftragungen geben, den Erfolg um etwas freilich schwer wakrzunehmendes, ändern müsste. Ich glaube also ebenso wenig auf die Wirkung innerer Scdichten allein hier rechnen zu dürfen, als ich ungerne eine solche Wirkungsphäre bei Vergrösserung überfirnisster Krystalle annehme, da ich diese lediglich auf verursachte Bewegung in der Flüssigkeit schiebe.

Digitized by Google

Fourier hat sein Sinusgesetz der Wärme aus Prevosts beweglichem Gleichgewicht derselben gefolgert, findet aber, wie Lapace beim Licht, als dessen Bedingung eine Wirkung der tiefern Schichte. Da diese keineswegs unabhängige Thatsache ist, und der ganze Beweis zuletzt auf einer Grundhypothese fusst, so mag man mit Melloni auch die obige Behauptung als eine hypothetische erklären. Kienruss absorbirt Wärme jeder Art am meisten, weil er am wenigsten reflektirt, diffudirt und transmittirt. Baden Powell hat schon früher das Absorptionsverhältniss geschwärzter und weisser Thermometer gefunden:

	Für glühend Eisen.	Locatelli.
	100 : 78	100 : 72
Mit Glaseinschaltung	100 : 50	100 : 57

Leslie hätte somit recht gehabt sein Thermometer als Photometer zu schwärzen. Aber die stationaire Temperatur der beiden Kugeln kann eben sowohl die erkaltende als die erwärmende Wirkung des Lichtes anzeigen. Darum hat Herrschel sein Actinometer construirt, dessen blaue Flüssigkeit allerdings stark absorbirt, aber die Diathermansie der Glasröhre lässt auch von ihm nur relative Anzeigen erhalten. Melloni stiess bei seinem Versuche auf die unerwartete Erfahrung, dass Emission und Absorption nicht unbedingt mit dem Grade der Rauheit, sondern mit der Härte der Körper und zwar in verkehrtem Verhältniss zusammentreffen. Es wirkt nämlich die geringere Härte zum Behuf der Absorption mehr als bei Licht, und es liegt wohl darin ein Fingerzeig mehr auf die Natur von Licht und Wärme. Blattgold aufs feinste zugerichtet ist den Wärmestrahlen undurchdringlich, was wohl in seiner grossen Leitkraft als Metall liegt, so dass der kubische Prozess über die linearen vorwaltet, und dieser nur noch theils zurückgeworfen werden kann, oder in den kubischen übergeht, während das Licht zu mächtig auf dünne Lammellen wirkt. Sprödigkeit und Dehnbarkeit müssen ebenfalls einen Unterschied begründen. Darum ist die Ausstrahlung des Marmor gleichartig, bei Gold und Silber aber minder, wenn sie gegossen sind und

Digitized by Google

durch Ritzen die Oberflächentheile mehr comprimirt werden — stärker, wenn sie geschlagen sind, also die Oberflächentheile durch Ritzen wieder mehr Ausdehnsamkeit erlangen. Bei gegossenem und geritztem Silber scheint mir gegen Mellonis Meinung Zerstreuung oder partielle Refraktion die Minderung zu begründen, und zwar zum Theil mechanisch durch die Lage der Theilchen veranlasst.

Transmission der Wärmestrahlen ohne Brechung.

Die Wärmeweisse des Steinsalzes und sein Verhalten in der Transmission der Wärme, wie das des durchsichtigen Körpers gegen Licht, ist hinlänglich bekannt, ebenso dass von den meisten Körpern Wärme höherer Grade am liebsten durchgelassen und gebrochen wird, gerade so wie das brechbarere Licht von blauen Gläsern am meisten durchgelassen wird. Melloni fand aber auch, dass grüne und schwarze Körper mehr Wärme von niederm Grad durchlassen, z. B. der Kinnruss, so dass man nun auch Wärme von geringer Brechbarkeit, ähnlich dem rothen Licht, kennt. Weil übrigens die Hälfte der Wärme, die durch schwarzen Glimmer gegangen, noch durch gewöhnliches Glas geht, von der durch geschwärztes Steinsalz gegangenen aber wenige Prozente, so muss nach Melloni die Fluth hoher Temperatur, die so der Leuchtkraft beraubt worden, nicht blos verschiedene Arten von leuchtender Wärme, sondern auch von dunkler Wärme enthalten, oder wie er sich auszudrücken für besser hält, von Wärme mit und ohne Licht. Baden Powell hält diese Unterscheidung für das Schwert, das die meisten Knoten der Wärmelehre zerhaue, Forbes aber, welcher beim schwarzen Glas und Glimmer eine der mittlern (gelben) Brechbarkeit, bei aufgeblättertem Glimmer eine den rothen Strahlen analoge Transmission findet, leitet alles wieder vom mechanischen Gefüge ab. Uebrigens verhält sich auch nach ihm mit berusstem Steinsalz der Wärmedurchgang für dunkle und durch Glas gesiebte leuchtende Wärme wie 3 : 1. Nahm er zwei Platten D und

Digitized by Google

E, so liess die Platte D 26%, die E 23,5%, D + E aber 7,3% fast eben so viel als eine gleich dicke einfache Platte A durch. Der Rechnung gemäss hat nun die Platte E von der durch D gegangenen Wärme 28% mehr als von direkter durchgelassen, was doch wenig mehr von der Textur des Russes herrühren kann. Ueberhaupt liegt die Diathermansie theils in der Natur der Körper, theils in der der Wärmequelle, und alles, was dagegensteht, wird durch die Diffusion genügend aufgeklärt, wenn wir Melloni Recht geben; nur ist noch problematisch, wie man die Diffusion genau von allen andern Wirkungen trennt. Jedenfalls sind Wärme und Licht, wenn sie einmal gesiebt worden sind, homogener, doch nicht absolut, sonst könnten sie gar nicht mehr absorbirt werden, und die höhere Temperatur ist immer weniger homogen. Da berusstes Steinsalz die brechbareren Strahlen im Durchgang beschränkt, und Glas die Intensität der bereits durchgegangenen schwächt, so wendet Forbes gemäss folgerichtigem Schluss berusstes Glas zur Absorption der beiden Enden des Wärmespectrums an. Das mit Kupferoxyd grün gefärbte Glas und eine Wasserschichte absorbiren zusammen die Wärme so gänzlich, wie grünes und rothes Glas das Licht, andererseits gehen die durch Alaun gegangenen Strahlen nur am leichtesten wieder durch Alaun, eswächst also die Diathermansie, je ungleichartiger die Diathermansität ist. Ich möchte daher fragen, welches Gesetz eine zweifache Diathermansie befolgt, d. h. die Ungleichartigkeit der Quelle mit der des transmittirenden Körpers verknüpft; eine gänzliche Verschluckung wie vorhin wird wohl nur selten stattfinden.

Wärmebrechung und Spectrumswärme.

Es wäre sehr wünschenswerth, die Brechung und Polarisation der chemischen Strahlen, über welche zwar kein Zweifel ist, so direkt anschaulich machen zu können, als deren Interferenz, oder als die Brechung und Polarisation der Wärme. Die Verschiedenheit des maximums der Wärme und des der chemischen

Digitized by Google

Wirkung im Spektrum beweist übrigens, dass zu letzterer nicht freie Wärme absolut nöthig sey, wie so oft behauptet worden; eine andere interessante Frage schiene mir aber: gibt es nicht dunkle chemischwirkende Strahlen? Die weiter unten zu besprechenden rayons continuateurs scheinen solche zu seyn. Seebeck findet, dass, wenn eine Seite des Prisma matt geschliffen ist, sich das Spectrum verkürze. Nach dem, was bereits abgehandelt, würde eine solche Einwirkung die Brechung der Wärme im Allgemeinen mindern, kaum aber das Wärmemaximum verschieben, da die dunkle Wärme nun leichter durchgeht. Melloni fand das Wärmemaximum im Sonnenspektrum für Steinsalz bei der Brechung sowohl an der Kante als an der Basis gleich, wenn er aber eine Wasserschichte einschaltete, so rückte es gemäss dem Durchgang durch eine dickere Schichte immer weiter gegen die brechbarern Strahlen zurück, und ein Wasserprisma hatte das maximum, wenn die Strahlen an der Basis durchgingen von Gelb nach dem Grünen zu, wenn sie an der Kante durchgingen von Gelb nach dem Rothen hin. Bei der Einschaltung der Wasserschichte bleibt die äusserste Gränze des Wärmespektrums noch überm Roth, wahrscheinlich weil jene blos leuchtende Wärme am stärksten absorbirt, und es geht daraus hervor, dass nicht wie Ampére meint, die Strahlen des dunkeln Raumes im humor aqueus absorbirt werden, sondern dass allein in Ausschliessung der Communsensibilität aus den wesentlichen Bestandtheilen des Auges der Grund des Nichtsehens der dunklen Spektrumsstrahlen liegt. Indess sieht man bei sehr guten Flintglasprismen über das Roth hinaus noch einen schwachen Schein. Die Einschaltung eines violeten Glases bewirkt nur eine allgemeine Wärmeabnahme, nicht eine Aenderung des maximums, wie auch gefärbte Gläser für sich weniger Wärmeintensität gestatten, als die Spektrumsfarben. Wärmestrahlen, die von demselben Medium verschieden absorbirt werden, zeigen auch ungleiche Brechbarkeit durch dasselbe Medium als Prisma, wie nach Forbes bereits bekannt ist, und zwar wächst die Brechbarkeit mit der Temperatur. Somit haben wir auch eine Wärmefarben-

Digitized by Google

zerstreuung, wenn wir diess so nennen dürfen, und es wäre zu wünschen, dass sie auf mehrere Substanzen untersucht würde. Der jüngere Herrschel hat mit dem Spektrum einige thermophotographische Versuche vorgenommen. Melloni weist ihm nach, dass er mit Unrecht die Absorption der verschiedenen Strahlen als gleichartig annimmt, und dass er nicht auf die Ungleichheit und Ausbreitung der Wirkung in deren Verlauf Rücksicht nimmt, daher seine Methode keineswegs die empfindlichste ist. Herrschel fand übrigens noch im dunkeln Raum Unterbrechungen der Wirkung, wie gefärbte Gläser stellenweis von verschiedenem Licht zeigen. Melloni glaubt, dass sie beim Steinsalzprisma nicht Statt finden würden, und erklärt sich zuletzt auch darum gegen das ganze Verfahren, weil der Effect der Auftrocknung eine lanzettartige Gestalt bildet; meiner Meinung nach lässt aber gerade diese das maximum und die andern Intensitätsgrade der Wärme in der ganzen Ausdehnung bei gehöriger Unterscheidung deutlich erkennen. Schliesslich bemerke ich, dass Lüdike schon vor mehreren Jahren annahm, auf eine eigne Berechnungsmethode der Intensitäten im Spektrum gestützt, dass der Effekt jeder einzelnen Farbe aus dem freien Licht, und dem Produkt des freien Lichtes in die freie Wärme bestehe, was allerdings einiges für sich hat.

Wärmepolarisation.

Melloni fand, da er die Polarisationsversuche von Forbes zu berichtigen suchte, dass diffudirende Glimmersäulen eine andere relative Polarisation geben, als polirte. Er kehrt diese Erfahrung gegen Forbes, der die Verschiedenheit der Polarisation nach den Quellen der Wärme von allen andern Umständen unabhängig glaubt. Die Gleichheit der Resultate in Mellonis Versuchen lässt allerdings weniger einen Fehler vermuthen, als diess bei deren Verschiedenheit der Fall seyn würde, auch sind seine Glimmersäulen sehr empfindlich; aber die Säulen von Forbes scheinen mir, durch Aufblättern auf glühenden Kohlen, gleichartiger hergestellt, sie sind auch dünner, und

Digitized by Google

somit der Diffusion weniger ausgesetzt, welche noch dazu mit der Brechbarkeit der Strahlen wächst, während in Mellonis Versuchen sich nach der niedern Temperatur zu eine entschiedenere Polarisation zeigt, endlich finde ich beim Forbes den Einfluss der leitenden Wärme genugsam ausgeschlossen, und kann nur wünschen, dass er seine Versuche mit gleichem Fleiss wie Melloni fortsetze, um so mehr, als nicht jedes Licht, z. B. das von Gasen, und das von glühenden Körpern gleich stark polarisirt wird, ersteres bekanntlich unmerkbar. Die Polarisation der Wärme beweist die grösste formelle Aehnlichkeit derselben mit dem Licht, und es wäre wohl genauer Untersuchung werth, ob auch andere Körper als der Turmalin zur Wärme einen Dichroismus wie zum Licht zeigen. Von Wärme, die durch Alaun gegangen, so wie von der freien der Locatellilampe polarisiren die Turmaline am meisten, von solcher die durch schwarzes Glas gegangen und von dunkelheissem Kupfer kommt, am wenigsten, somit polarisiren die Turmaline brechbarere Wärme am meisten, wie sie auch Licht von gelber Flamme mehr polarisiren als von blauer. Da man unpolarisirtes Licht zusammengesetzt sich vorstellen kann aus zwei gleichen Antheilen rechtwinklig auf einander polarisirten Lichtes, dessen Ebene mit der Einfallsebene die Winkel + und — 45° machen, so hat Fresnel darauf seine Intensitätsformel gegründet, die von Brewster, aber nicht von Potter erprobt wurde. Forbes hat darum Versuche für die strahlende Wärme angestellt, und bei der Reflexion von Glas auf dessen Vorderfläche, und bei Reflexion von Stahl- und Silberplatten ein grösseres Anschliessen an Fresnels Formel erhalten, als photometrische Messungen irgend bisher ergeben haben, und zwar nach folgender Ordnung abwärts: Spiegelmetall, Glimmer, Steinsalz, Glas, Alaun. Dove läugnet, dass es für die Wärme ein Analogon der Depolarisationsfarben gebe, nach den Versuchen von Forbes glaubte ich es aber doch aus der diathermansiblen Polarisation erwarten zu dürfen. Sie sind freilich bei der Drehung der Polarisationsebene durch Bergkrystall, obschon diese bedeutend ist, schwer zu ersehen, wie überhaupt Forbes immer

Digitized by Google

nur schwache Polarisationsdrehung erhielt. Melloni erhielt am meisten nach Einschaltung von schwarzem Glase. Unter den Fragen, die ich meiner ersten Arbeit beigab, nach Powell, war die zweite: ist die Tangente des Polarisationswinkels der Wärme wie beim Licht dem Brechungsindex gleich? Daraus, dass nur, wenn der Einfallswinkel gleich dem Polarisationswinkel, das polarisirte Licht im Azimuth selbst reflektirt wird, fand Forbes den Polarisationswinkel für dunkle Wärme = 55°, den er für rothes Licht = 51° setzt. Der Polarisationswinkel wäre daher für Wärme wie für Licht ziemlich gleich, aber der Berechnungsindex ist es nicht, wie ich früher angeführt habe. Dass die Reflexion und Transmission mit dem Wärmegrad nicht wachsen, dass in dem minder brechbaren Roth das Wärmemaximum steht, dass das Licht geschwinder als die Wärmestrahlen ist, endlich schon länger besprochene theoretische Folgerungen aus der Depolarisation des Lichtes beweisen ebenfalls, dass die Wärmewellen länger sind, als die des Lichtes, wenn wir die Sprache der Vibrationshypothese reden, und somit muss obige Frage verneint werden. Eine andere, ob und welche Polarisation der Wärme von glühendem Glas zu erwarten ist, dürfte den ersten Grund zur Beantwortung darin finden, dass heisses Glas und trockne Luft das Licht stärker brechen, als kühles Glas und feuchte Luft, wie Arago in seinen neuesten Versuchen, auf die er ein Hygrometer gr ünden zu können glaubt, bestätigt. Ein zweiter Stützpunkt für eine theoretische Lösung der Frage wäre, dass nach Weltmann der Lichtstrahl gegen das wärmere Mittel die convexe Krümmung zeigt, und dass die Refraktion um so grösser ist, je verschiedener die Temperatur der Mittel ist.

Transmission der chemisch wirkenden Strahlen.

Die Phosphorescenz wird von elektrischen Funken auch aus der Ferne gewirkt, daher muss eigentlich nur das Licht als solches dabei im Spiele seyn. Gläser, durch welche der Funken gegangen war,

schwächten nach Becquerel dem Jüngern die Wirkung, aber rothe mehr als violette, und mehrfache Funkenentladung hob dieselbe. Die unmittelbare momentane Wirkung geschieht zwar in der Linie des Funkens, wird aber bald über den ganzen Phosphor verbreitet. Durch diathermanen Quarz, noch mehr aber durch den fast athermanen Gyps hindurch zeigt sich entschieden starke Phosphorescenz von elektrischen Funken, und zwar bei einem 86 Millimeter dicken Quarz um weniges minder, als bei 6 Millimeter dicken. Senkrecht (besser als schief) gegen die Axe geschnittener Rauchtopas zeigt sich wie in den Mellonischen Wärmeversuchen dem Quarz ähnlich, nach Biot ist die Wirkung sogar der von freiem Licht gleich, und das Erlöschen der Phosphorescenz tritt auch weniger bald ein, als mit Glasschirm. Unter Wasser geht die Phosphorescenz schnell und stark vor sich, dass aber die veränderte Geschwindigkeit des Lichtes, wie Biot meint, dazu beitrage, ist wohl sehr hypothetisch, da ja darum die Natur des Lichtes noch nicht geändert wird. Auch Mondlicht kann die Phosphorescenz hervorrufen. Der elektrische Funke wirkt nach Becquerel keine Temperaturerhöhung, wenn nicht ein entzündlicher Körper zwischen den Ausladekugeln sich befindet, weil der Wirkungskreis zu kurz ist; dass aber die Phosphorescenz nicht auch darum von Wärme bedingt sey, ist meiner Meinung nach, noch nicht zu entscheiden, da noch die zweite Frage übrigt, ob und welche Wirkung hier latente Wärme hat, und unter welchen Bedingnissen sie frei wird. Austerschalen, welche von Tageslicht, die einen grün, die andern gelbroth phosphoresciren, werden von gesalzener Alkoholflamme gleich weiss, unter rothem Glas bleiben sie dunkel, unter violettem leuchten sie wie sonst, und unter grünblauem, das doch weniger diatherman als das rothe, erleiden sie wieder keine Phosphorescenz, wornach die quantitative Verschiedenheit der Wirkungen von Wärme und chemischen Strahlen ganz ersichtlich ist. Ob Phosphorescenz durch Reflexion oder Absorption des Lichtes entsteht, lässt sich nach Aragos Bemerkung aus einem Polarisationsversuch mit solchen Strahlen leicht herstellen; eine

Digitized by Google

andere Untersuchung gäbe die Frage, ob Strahlen die in anderer Weise nicht mehr chemisch wirken, noch Phosphorescenz erregen, von den rayons continnateurs könnte diess bejaht werden. — Biot hat auch Versuche über die Transmission chemischer Strahlen mittels photographischem Papier angestellt. Nach ihm schwächt sogenanntes Glaspapier die Wirkung auf selbes am meisten, dann Daguerres blaues Glas, während nach Becquerel, Seebeck und besonders Splittgerber blaues Glas die Phosphorescenz befördert, wie es selbst Daguerre in diesem Falle gefunden, so dass, wie Biot damals berechnete, 29 Theile Blau mit 71 Theilen Weiss, welches hemmende Strahlen enthält, gemischt sind. Es hängt diess gewiss auch von den chemischen Bestandtheilen des Glases ab, ob vielleicht gelbe oder blaumachende Bestandtheile in der Fritte vorwalten, und es wäre besonders untersuchenswerth, wie Gläser mit Ueberfangsfarben sich zu durchaus gefärbten Gläsern verhalten. Ich habe durch ein grünes Glas von blauer Grundfarbe und dünner gelberUeberfangschichte die Flamme des Wachslichtes betrachtet, wobei wenigstens der blaue Theil derselben ebenso geschwächt erschien als der gelbe, da ich doch ein reichliches Durchlassen des Blauen erwarten musste. Ein praktischer Beleg zu Biots Versuchen ist dieses, dass Bilder, ehe der Glasrahmen abgenommen ist, nicht mit dem Daguerreotyp copirt werden können. Von eigenem Augenschein habe ich mich auch über die Wirkung des Lichtes auf Magnesiahaltiges Glas überzeugt, da Spiegel an der freien Stelle violet wurden, unterm Rahmen aber weiss bleiben, und ich erwähne diess nur weil es mir eine der stärksten unter den bekannten chemischen Lichtwirkungen zu seyn scheint. An zunehmender Wirkung folgten in Biots Versuchen nach dem blauen Glas, Quarz und Gyps; Steinsalz und Rauchtopas zeigten mit ziemlicher Unsicherheit eine mindernde Wirkung. Die Strahlen eines Lokadelli wirkten erst nach mehreren Stunden auswählend aufs Papier, von heissem Wasser gar nicht; heissleuchtendes Eisen, welches auf Phosphorescenz nah und fern wirkt, wirkt nur schwach und ohne Schirm photographisch. Die Dif-

Digitized by Google

fraktionsstreifen auf Chlorsilber haben in Luft und Wasser gleiche Breite, was ebenfalls gegen Biot spricht, in Betreff des Einflusses einer Veränderung der Lichtgeschwindigkeit, die an und für sich noch hypothetisch ist, da es auch die Gleichheit der messenden Zeiten ist. Malagutti hat sich für ähnliche Versuche ein eigenes Papierfärben erdacht, dem er mit Bleiweiss, Tusch und Krapplack die verschiedensten Weissegrade zu geben vermag, es als vergleichenden Maassstab der Lichtwirkung gebrauchen zu können. Zu genauen Versuchen ist wie bei der Lichtmagnetisirung heitrer Himmel und constanter Einfallswinkel nöthig. Diese Bedingung erinnert mich daran, dass die Heliographieen Abends nicht so gut gelingen, als Morgens und Mittags. Es sey mir erlaubt eine Meinung, die der Sache allerdings nicht vollkommen Genüge leistet, aber in diese Erscheinung, die noch viel weiter verzweigt ist, als man gewöhnlich glaubt, tiefer eindringen helfen mag. Ich glaube, dass ein vorzüglicher Grund des angegebenen Unterschiedes darin liegt, dass uns gegen Westen bald das Meer, gegen Osten weithin Land liegt, dass also auch gegen Westen, wie die Metreorologie schon zeigt, sich mehr Dünste sammeln, welche den Sonnenstrahlen, wenn sie Abends durch dieselben gehen müssen etwas an ihrer Kraft entziehen. An Orten, wo das Meer ostwärts und weithin westwärts Land liegt, z. B. in China, dürfte diess sich umgekehrt verhalten, und der Abend der Heliographie wohl günstiger seyn, als der Morgen. Dass die Feuchtigkeit die chemische Lichtwirkung begünstigt, und Chlorsilber daher nach Seebeck unter Schwefelsäure unempfindlich bleibt, betrifft nur den photographischen Körper, nicht aber die Strahlen, indess schwächt auch Wärmewirkung den Prozess. Auch auf das maximum des Wärme und chemischen Spektrums, bezüglich dessen Stand, hat das Verhalten der Atmosphäre Einfluss, und ich glaube, Barometervergleichungen dürften zu nähern Aufschlüssen führen über die Ermüdung der Sonne, um mich metaphorisch auszudrüken, die sie erleidet, nachdem sie die Atmosphäre präparirt hat. Die Schwächung der chemischen Lichtwirkung ist nach

Digitized by Google

ihm für verschiedene Flüssigkeiten sehr ungleich. Wasser verkürzt die nöthige Zeitdauer im Mittel auf 0,7643, wenigstens beim Chlorsilber; ätherische Oele vergrössern ebenfalls die Wirkung, aber alle andern Flüssigkeiten schwächen selbe, am meisten Kreosot. Jedoch schwärzt sich unter einer Schichte des letztern Silberoxyd weit schneller als Chlorsilber, während in freier Luft und beim Ausschluss reducirender Mittel ein umgekehrtes Verhältniss stattfindet, was auch durch einen frühern Versuch von Scanlan bestätigt wird. Malaguttis Tafel, ohne dass er's erwähnt, weist uns sogleich aus, dass die schwächende Wirkung der Flüssigkeitsschichte in verkehrtem Verhältniss mit deren Siedegrad steht, was allerdings sehr merkwürdig ist. Das meiste vom Voranstehenden ist indess schon lange von Seebeck gefunden worden; er hat mit Prismen und Linsen auf die chemischen Strahlen operirt, und immer die fördernde Wirkung des Blau und die hemmende des Gelb erprobt. Auch vom elektrischen Licht erhielt er chemische Wirkung, und er bestätigte einen Versuch Beccarias über den Einfluss der Glasschirme auf Phosphorescenz, den dieser von andern verleitet, wiederrufen hatte. Becquerel hat indess neuestens seine Versuche noch genauer ausgeführt und weiter ausgedehnt, und es dabei recht deutlich werden lassen, wie innig auf diesem Gebiet Physik und Chemie verschwistert sind. Der von Hf. Vogel beobachte Prozess, dass mit Chlor gesättigter Alkohol am Sonnenlicht schwache Explosionen mit rother Flamme und Ablagerung von Kohle zeigt, führte ihn darauf, eine Eisenchloridlösung unterm Einfluss von Licht auf Alkohol wirken zu lassen. Er erhielt in der That von dareingetauchten Platinplatten solche elektrische Anzeigen, die den chemischen Lichtuntersuchungen eben solche Dienste leisten, als die Thermomultiplicatoren den Mellonischen Versuchen. Befremdend scheint mir, dass er mit verschiedenen dünnen Glimmerblättchen auffallend verschiedne, mit dickern Glasplatten von 6 bis 20 Millimeter, gleiche Resultate erhielt, weil die Absorptionshyperbel dann hier nicht mehr die gleichseitige ist. Nebenstehende Tafel erläutert seine Versuche, die mit dem Galvanometer ge-

Digitized by Google

messen, und hier als Prozente des Durchgangs der Strahlen durch die Schirme ausgesetzt sind.

Ohne Schirm	100		
Weisses Glas	60,5	Rauchtopas	79,4
Violettes „	41,2	Gyps	58,5
Blaues „	25,8	Glimmer 0,07 mm.	76,9
Grünes „	Unmerklich	„ 0,52	57,0
Gelbes „	0	Glaspapier	42,5

Im Allgemeinen fand Becquerel, dass Strahlen, welche die brechbarsten des Sonnenlichtes begleiten, auf Metallplatten, die in eine passende Flüssigkeit gelegt sind, eine derartige Wirkung ausüben, dass daraus elektrische Effekte entspringen, und zwar solche, die man nicht von Wärme ableiten kann; ferner dass die Zersetzung des Chlor-, Jod- und Bromsilbers unterm Einfluss des Lichtes ebenfalls elektrische Effekte hervorbringt, die zur Vergleichung der aktiven chemischen Strahlen dienen können. Chlor zeigt hiebei die andauerndste, Brom die stärkste Wirkung, und der Effekt, den das Licht auf die Metallplatten selbst, worauf sich z. B. Hornsilber befindet, übt, bedingt in jeder Untersuchung eine Reduktion derselben, um den auf die Flüssigkeit allein gemachten Eindruck zu finden. — Frühere Versuche, z. B. die rosenrothe Färbung des Hornsilbers unter den rothen Strahlen, oder die Verminderung der Schwärzung durch diese, haben bereits auf eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Wirkung geführt, zu der auch nach Wollaston die Wärme wirkt. Becquerel fand neuerdings, dass wenn man Licht nur auf die Hälfte eines Chlorsilberpapiers wirken lässt, man eine Gränzlinie der Wirkung zu sehen bekömmt, dass aber diese Gränzlinie, wenn man das ganze Papier dem Licht aussezt, in einiger Zeit verschwindet, und der Moment dieses Verschwindens schien ihm zur Messung dienlicher als Malaguttis Vergleichungspapier. Unter rothem Glasschirm färbte sich der ursprünglich gefärbte Theil noch stärker, während der andere Theil ungefärbt blieb, so dass dieses Glas nur Strahlen durchliess, die den Prozess unterhalten, nicht aber einleiten

Digitized by Google

konnten. Diesen Unterschied zwischen rayons excitateurs und rayons continuateurs, wie er sie nennt, bestätigte er noch mehrfach, indem er z. B. Buchstaben, die mit ausgeschnittner Pappe auf dem photographischen Papier gebildet waren, noch deutlicher machte. Die Resultate seiner hierüber angestellten Untersuchungen sind: 1) die chemischen Strahlen, welche das Sonnenlicht begleiten und auf Silbersalze wirken, umfassen wenigstens zweierlei Strahlen: zunächst die gewöhnlichen chemischen Strahlen, und dann andere, die eine von den ersteren angefangene Wirkung fortsetzen. 2) Die fortsetzenden Strahlen liegen, was ihre Brechbarkeit betrifft, mehr im obern Theile des Spektrums, d. h. gegen das Roth hin, und fallen im Blauen schon mit den erregenden zusammen, von denen einige selbst noch über das Violett hinausliegen, in dem das maximum ihrer Wirkung steht. 3) Unter den Schirmen gibt es einige z. B. die rothen, welche bloss die fortsetzenden, andere die beiderlei Strahlen durchlassen. 4) Die fortsetzenden Strahlen unterhalten auch eine chemische Aktion, die von elektrischem Licht angefangen ist, und sie können zur Erkennung des in diesem liegenden chemischen Agens dienen.

Anhang.

Ich erlaube mir, dem Vorausgehenden nur noch einige allgemeine Bemerkungen anzufügen, weil eine umfassende Betrachtung viel mehr Zeit erfordern würde. — Die Pyrometrie wird, wenn einmal die Absorptionsgesetze des wärmenden, leuchtenden und chemisch wirkenden Lichtes festgestellt seyn werden, eine völlige Umgestaltung erhalten, und die Photometrie als speciellen Fall in sich aufnehmen. Vielleicht lässt sich auch aus der Analogie der subjectiven Lichterscheinungen und des relativen Wärmegefühls, sofern beide am Uebergangspunkt ins Objective stehen, eine mathematische Betrachtung für beide gewinnen. Aus Allem scheint denn doch hervorzugehen, dass Licht und Wärme nicht in Wesen und Qualität, sondern nur in Form und Quantität verschieden sind. Mel-

Digitized by Google

loni verwirft es freilich, einen Schluss auf den Uebergang von Wärme in Licht zu ziehen, weil Wärme noch lange nach der Aufnahme in den Körper ausgestrahlt wird; Licht aber nur augenblicklich. Was berechtigt ihn jedoch, unbedingt einen Schluss vom Aeussern aufs Wesen zu ziehen, und von strahlender Wärme die leitende auszuschliessen, weil beider Auftreten ein anderes ist? Radike vergleicht die Schwingungen des Lichtspectrums und des Wärmespectrums so, dass er für das eine das gewöhnliche Spectrum, für das andere das ungewöhnliche Spectrum eines doppeltbrechenden Prisma setzt. Auch das chemische Spectrum leidet eine Brechungsverschiedenheit und andere Absorptionsgesetze, wahrscheinlich nur weil es eine grössere Dicke zu durchlaufen hat, tiefer in den Körper eindringen muss, von dem es modifizirt wird. Alle Hindernisse, die eine stufenmässige Schlussfolge unterbrechen, kann ein entscheidender Moment aufklären, wie die Memnonssäule nur vom Lichtstrahl ertönen sollte, der sie traf; an Belegen für ein allgemeines Gesetz fehlt es nicht. Manches Unerwartete steht oft noch entgegen, die Natur scheint einen saltus ausführen zu wollen, z. B. glühendes Glas schnell erkaltet, springt sogleich, aber am Moment des Schmelzpunktes nicht; der Stoff, der die grösste Wärmeintensität zu geben vermag, liegt in dem jedem Feuer feindlichen Wasser verborgen — wie räthselhaft! und doch kann kein Glied in der Kette der Naturgesetze ausgeblieben seyn; nur unserm Blick verbirgt es sich bisweilen lange, bis Gott den Schleier lüften lässt. Ein näheres Eingehen muss ich mir auf spätere Zeiten versparen, wenn je zu ganz bestimmten Resultaten zu gelangen, ich hoffen darf.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google